

NSA

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CT/EP 00/05337

EPO - Munich
70

04. Aug. 2000

EP00/5337



REC'D 15 AUG 2000
WIPO

ESU

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 26 559.3

Anmeldetag: 11. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von
Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs
bis in große Entfernung

IPC: G 08 G, G 01 S, G 06 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 06. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature consisting of a stylized 'H' and 'B' followed by a cursive 'inger'.

Hiebinger

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/E KRO
11.06.1999

Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Objekten im
Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung gemäß den gattungsbildenden Merkmalen der Patentansprüche 1 und 10.

Um den Fahrer eines Kraftfahrzeuges im Straßenverkehr zu unterstützen, sind Fahrerassistenzsysteme entwickelt worden, die geeignet sind, vorausschauend gefährliche Situationen im Straßenverkehr zu erkennen. Derartige Fahrerassistenzsysteme können den Fahrer abhängig von seinem Verhalten entweder warnen oder in die Fahrzeugführung eingreifen. Hierdurch soll die Fahrsicherheit erhöht, der Fahrer von monotonen Fahraufgaben entlastet und somit das Fahren komfortabler werden.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit von sicherheitssteigernden Systemen sind zum heutigen Zeitpunkt am Markt überwiegend Komfortsysteme verfügbar. Als Beispiele hierfür sind Einparkhilfen und intelligente Tempomaten zu nennen. Sicherheitssteigernde Fahrerassistenzsysteme sollen die umgebende Verkehrssituation in immer stärkerem Maße erfassen und berücksichtigen.

Aus der EP 0 558 027 B1 ist eine Einrichtung zum Erfassen des Abstands zwischen Fahrzeugen bekannt. Bei dieser Einrichtung erzeugt ein Paar von Bildsensoren ein Bild eines Objekts, das dem Fahrer angezeigt wird. Ein Bereich dieses Bildes wird in Fenster unterteilt. Die Abstände vom fahrenden Fahrzeug zum Objekt, das sich in den jeweiligen Fenstern befindet, werden

erfaßt. Hierbei werden die Abstände durch Vergleichen zweier von unterschiedlichen Bildsensoren aufgenommener Bildinformationen in verschiedenen Fenstern berechnet. Aufgrund der ermittelten Abstandsinformationen wird das jeweilige Objekt ermittelt. Es wird ein den relevanten Bildbereich unterteilendes Gitter eingesetzt, welches das zu erfassende Objekt umgibt und eine weitere Bildinformation liefert. Eine Symmetrie dieser Bildinformation wird ermittelt und die Existenz eines vorausfahrenden Fahrzeugs wird durch Bestimmen einer Stabilität einer horizontalen Bewegung einer Symmetrielinie und einer zweiten Stabilität der Abstände über die Zeit vorhergesagt.

Diese bekannte Erfassungseinrichtung wird dazu eingesetzt, vor dem sich bewegenden Fahrzeug befindliche Fahrzeuge zu erfassen und zu erkennen. Eine zuverlässige Erkennung von Objekten wird jedoch nur im Nahbereich erreicht, da dort die einfache Erfassung von Symmetrielinien ausreichend stabil durchgeführt werden kann. Im Fernbereich reicht diese einfache Symmetrieerfassung aufgrund der geringen Auflösung im Bild und der sich daraus ergebenden Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Objekts allein nicht mehr aus.

Jedoch sind gerade an eine zuverlässige Objekterkennung hohe Anforderungen zu stellen, damit dem Fahrer keine falschen Informationen gegeben werden, die zu falschen und gefährlichen Reaktionen führen können. Bei intelligenten Systemen könnte das Fahrzeug selbst aufgrund der Falschinformationen verkehrsfährdend reagieren. Verlässliche Informationen sind etwa bei der spurenpräzisen Erkennung von Fahrzeugen in großer Entfernung sowohl in als auch entgegen der eigenen Fahrtrichtung unabdingbar.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung anzugeben, welches bzw. welche eine zuverlässige Erfassung von Objekten, insbesondere von

Straßenfahrzeugen vor und/oder hinter einem fahrenden Fahrzeug und deren situativer Relevanz ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung verfahrenstechnisch durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und vorrichtungstechnisch durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

Demgemäß ist ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung vorgesehen, bei welchem die Entfernung eines bewegten Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch Auswertung von Stereobildpaaren berechnet und Eigenschaften der detektierten Objekte ermittelt werden.

Die Bestimmung der Eigenschaften der detektierten Objekte soll der Klärung ihrer Relevanz für das eigene Fahrzeug dienen und somit zum Situationsverständnis beitragen.

Die Detektion kann vorzugsweise nach vorne oder nach hinten erfolgen und etwa für Stauwarnung, Abstandsregelung zum Vordermann oder Rückraumüberwachung eingesetzt werden. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist hierbei, daß die situative Relevanz bzw. das Gefahrenpotential der detektierten Objekte aus deren Abstand zum eigenen Fahrzeug und der ermittelten Relativgeschwindigkeit ermittelt wird.

Anstelle der Auswertung von Stereobildpaaren, die von einer Stereoanordnung bestehend aus optischen Sensoren oder Kameras aufgenommen werden, können prinzipiell auch einzeln aufgenommene Bilder unterschiedlicher Herkunft zur Entfernungsbestimmung ausgewertet werden.

Gemäß einem Grundgedanken wird eine entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung und eine Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen durchgeführt. Durch diese Vorgehensweise können Objekte nicht nur zuverlässig hin-

sichtlich ihrer Entfernung sondern auch hinsichtlich bestimmter Merkmale erkannt und bewertet werden.

Die detektierten Objekte können insbesondere Straßenfahrzeuge und/oder Straßenmarkierungen und -begrenzungen sein, so daß sich beispielsweise die Position eines Straßenfahrzeugs in einer bestimmten Fahrspur ermitteln läßt.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der detektierten Objekte zueinander und zum bewegten Fahrzeug zu kennen, um die situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln. Hierzu wird die Abstandsmessung ausgewertet und eine fahrspurgenaue Objektzuordnung ermittelt.

Bei der Bildsegmentierung kann eines der aufgenommenen Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten abgetastet werden. Der Abstand der signifikanten Merkmale läßt sich dann durch Vergleichen der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereobild des Stereobildpaars mittels Kreuzrelation bestimmen, wobei die dabei auftretenden Disparitäten ausgewertet werden.

Durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im Pixelbereich werden 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum Koordinatensystem der Meßeinrichtung ermittelt. Die so gewonnenen Informationen von 3D-Punkten sind somit von unterschiedlichen Objekten bestimmt, wie etwa Fahrzeuge, Straßenmarkierungen, Leitplanken usw..

Merkmale ähnlicher Abstandswerte und/oder ähnlicher Höhe werden zusammengefaßt, um Cluster zu bilden. Erhabene Objekte und/oder flache Objekte werden durch Zusammenfassen (Clusterung) der 3D-Punkte nach vorbestimmten Kriterien detektiert. Diese Unterscheidung zwischen erhabenen und flachen Objekten ist für die sichere Objekterkennung, z.B. die Erkennung von anderen Kraft-

fahrzeugen und die Unterscheidung zu Straßenmarkierungen sehr wichtig. Flache Objekte können z.B. Straßenmarkierungen, Bordsteine, Leitplanken usw. und erhabene Objekte Fahrzeuge, Leitpfosten, Brückenpfeiler, Laternenmasten usw. sein. Da heutzutage in modernen Kraftfahrzeugen entsprechend hohe Rechenleistungen realisierbar sind, ist eine derartige Bildsegmentierung mittels Entfernungsbestimmung und Clusterung sicher und schnell durchführbar

Es können zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleich von Objektmodellen verifiziert werden.

So lassen sich zur Objekterkennung die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abtasten und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart vergleichen. Auf diese Weise wird eine zuverlässige Objekterkennung durchgeführt.

Die relevanten Objekte können über die Zeit verfolgt und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten. Erst mit Kenntnis des dynamischen Verhaltens der ermittelten Objekte sind sinnvolle Reaktionen des Fahrers oder des Fahrzeuges möglich. Eine „vorausschauende“ Fahrweise wird somit gefördert.

Weiterhin können durch dieses sogenannte Tracking sporadisch auftretende Phantomobjekte unterdrückt und die gesamte Erkennungsleistung gesteigert werden. Durch Tracking der detektierten Objekte über die Zeit können die Objekteigenschaften wie z.B. Entfernung, Relativgeschwindigkeit und Relativbeschleunigung beispielsweise unter Verwendung eines Kalmanfilters von Meßrauschen befreit werden.

Gemäß einem weiteren Grundgedanken ist eine Vorrichtung zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung vorgesehen, welche eine Erfassungseinrichtung, eine Auswerteeinrichtung zur entfernungsisierten Bildsegmentierung, eine Extraktionseinrichtung zur Ermittlung relevanter Bildbereiche, und eine Erkennungseinrichtung für Objekte in den segmentierten Bildbereichen aufweist. Mit einer derartigen Detektionseinrichtung wird eine zuverlässige Abstandsbestimmung und Erkennung von Objekten, insbesondere von Straßenfahrzeugen vor und/oder hinter einem fahrenden Fahrzeug ermöglicht

Mit Hilfe einer Klassifizierungseinrichtung, lassen sich Objekte, wie etwa Straßenfahrzeuge in den extrahierten Bildbereichen ermitteln. Es ist eine Bestimmungseinrichtung für typische Merkmale von Objekten, nach welchen in den relevanten Bildbereichen gesucht wird, vorgesehen. Hierdurch werden etwa charakteristische Kanten und Ecken in den extrahierten Bildbereichen ermittelt. Eine Vergleichseinrichtung vergleicht die Orte der typischen Merkmale mit der internen 2D Modellvorstellung eines neuronalen Netzes.

Die Anzahl der zu klassifizierenden extrahierten Bildbereiche im Bild lässt sich reduzieren, wenn diese durch eine einfache zeitliche Verfolgung (Tracking) auf ihre örtliche Konsistenz hin überprüft werden.

Mit Hilfe einer Trackingeinrichtung lassen sich Objekthypothesen und die resultierenden Objekte über die Zeit verfolgen, um deren dynamisches Verhalten zu ermitteln.

Um den Abstand und die laterale Position der resultierenden Objekte relativ zum eigenen Fahrzeug zu ermitteln, sind eine Abstandbestimmungseinrichtung und eine Positionsbestimmungseinrichtung vorgesehen.

Neben dem beschriebenen stereobasierten Ansatz sind prinzipiell auch Objekterfassungsverfahren auf der Basis von Radar- und/oder Infrarotsignalen im Fernbereich möglich.

Anhand der nachstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen werden weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung deutlicher.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Entfernungsbestimmung bei parallel angeordneten Kameras gleicher Brennweite.

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merkmalsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gemäß der Erfindung..

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Koordinatennormierung; und

Fig. 6 eine Darstellung eines Entfernungsprofils eines näher kommenden Fahrzeugs.

Im folgenden wird die Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung beschrieben, bei der erhabene Objekte detektiert werden. Dies wird durch Clusterung einzelner Merkmale mit ähnlichen Entfernungswerten durchgeführt. Anschließend wird ein Fahrzeugerkennungsverfahren vorgestellt, mit dem Straßenfahrzeuge in den segmentierten Bildbereichen erkannt werden. Fahrzeugtypi-

sche Merkmale werden hierzu extrahiert und anschließend mit der internen Fahrzeugmodellvorstellung eines neuronalen Netzes verglichen. Die prinzipielle Vorgehensweise ist schematisch in Figur 1 gezeigt.

Eine Monobildverarbeitung ist bei Einsatz ähnlicher Mittel und ähnlichem Vorgehen grundsätzlich auch möglich.

Die Eigenschaft der Erhabenheit von Straßenfahrzeugen gegenüber der Straße dient dem hier vorgestellten Verfahren zur Bildsegmentierung. Hierzu wird ein Stereokamerasystem eingesetzt, mit dem es möglich ist, Entfernung signifikanter Merkmale, die im Kamerabild an Straßenfahrzeugen auftreten, zu bestimmen. Mittels dieser Information ist eine Aussage über erhabene Objekte möglich. Die ständig wachsende Rechenleistung, die im Fahrzeug verfügbar ist, erlaubt heutzutage die echtzeitfähige Analyse von Stereobildpaaren.

Es ist auch möglich, zuverlässig zu ermitteln, auf welcher Fahrspur sich ein erfaßtes Straßenfahrzeug befindet. Es läßt sich dann eine Aussage über die situative Relevanz dieses erfaßten Straßenfahrzeugs aufgrund seiner Lage zum eigenen Fahrzeug treffen. Dementsprechend kann dann der Fahrer und/oder das eigene Fahrzeug reagieren.

Obwohl fahrzeugtaugliche Radarsysteme keine ausreichende laterale Auflösung für eine Spurzuordnung bieten, Infrarotsysteme Auflösungs- und Reichweitenprobleme besitzen und Ultraschall generell für den Nahbereich einsetzbar ist, ist es prinzipiell denkbar, diese Systeme anstelle oder in Kombination zu Stereokamerasystemen einzusetzen.

Das Prinzip der Entfernungsbestimmung bei der verwendeten parallelen Kameraanordnung ist in Figur 2 auf Basis des Lochkameralmodells dargestellt. Der Punkt P in der Welt wird über die Projektionszentren auf die Sensoroberflächen jeder Kamera pro-

jiziert. u_0 bzw. u_1 stellen die Abweichung vom Projektionszentrum dar. Ihre Differenz

$$\Delta u = u_0 - u_1$$

wird als Disparität Δu bezeichnet. Mittels Trigonometrie und den Größen der Kameraanordnung (Brennweite f und Basisweite b) kann der Abstand d berechnet werden.

$$d = \frac{f \cdot b}{\Delta u}$$

Hierbei stellt b die Basisbreite, f die Brennweite und d den Abstand zum Punkt P dar. u_0 und u_1 sind die Entferungen der Projektionen des Punktes P auf die Sensoroberfläche.

Im ersten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung wird in einem der Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen gesucht. Nur zu Versuchszwecken lässt sich eine entsprechende (nicht gezeigte) Darstellung auf einem Bildschirm oder einer anderen Anzeigeeinrichtung darstellen. Signifikante Merkmale liefern z.B. Kanten, die zuverlässig bei Straßenfahrzeugen auftreten. Die Orte der selektierten Kanten, die den zu korrelierenden Bildbereich des zweiten Verarbeitungsschritts definieren, lassen sich etwa durch rechteckige Rahmen in der Bildschirmdarstellung markieren.

Zur Bestimmung des Abstandes der am Bildschirm dargestellten Merkmale werden die jeweiligen Disparitäten durch Vergleich mit dem zeitgleich aufgenommenen zweiten Stereobild ermittelt. Hierzu findet eine Suche jedes rechteckigen Bildbereiches mittels Kreuzkorrelation im korrespondierenden Bild statt. In Figur 3 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation gezeigt.

Aufgrund der parallelen Ausrichtung der Kameras lässt sich der Suchbereich in vertikaler Richtung auf die Epipolare, in dem in Figur 3 gezeigten Falle die jeweilige Zeile, einschränken. In horizontaler Richtung wird im korrespondierenden Bild je nach zulässigen Disparitäten der entsprechende Suchbereich definiert.

Durch Verwendung der KKFMF (lokale mittelwertfreie, normierte Kreuzkorrelationsfunktion) als Korrelationsfunktion wirken sich Helligkeitsunterschiede in den Bildpaaren, die z.B. durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung oder unterschiedliche Regelung der Kameras auftreten, nur geringfügig auf den Korrelationswert aus.

Der Korrelationskoeffizient der KKFMF wird folgendermaßen berechnet:

$$KKMF(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} (\overline{F(i, j)} \cdot \overline{P_r(x+i, y+j)})}{\sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{F(i, j)}^2 \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{P_r(x+i, y+j)}^2}}$$

Die Werte $\overline{F(i, j)}$ und $\overline{P_r(x+i, y+j)}$ repräsentieren die mittelwertfreien Grauwerte der rechteckigen Bildbereiche $F(i, j)$ und $P_r(x+i, y+j)$. Aufgrund der Normierung bewegen sich die Ergebnisse der KKFMF im Intervall [-1, 1]. Der Wert 1 steht für paarweise Übereinstimmung, -1 für entsprechend inverse Übereinstimmung.

Im letzten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung findet eine Zusammenfassung (Clusterbildung) von Merkmalen mit ähnlichen Abstandswerten statt (vgl. Figur 1). Die relative Höhe der gebildeten Cluster wird mit einer festen Mindesthöhe verglichen, um ein erhabenes Objekt sicherzustellen. Erhabene Objekte sind dabei durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt.

Die resultierenden Cluster lassen sich zu Versuchszwecken in eine (nicht gezeigte) reale Bildschirmdarstellung der beobachteten Szene als Rahmen einblenden. Zusätzlich lassen sich an den Rahmen die zu den segmentierten Bildbereichen gehörenden Entfernungswerte in Zahlenwerten angeben.

Neben Fahrzeugen werden auch andere erhabene Objekte, wie z.B. Leitpfosten und Straßenränder segmentiert. Um fehlerhafte Objekthypothesen zu verwerfen, wird dem stereobasierten Objektsegmentierungsprozeß innerhalb der detektierten Bildbereiche eine 2D-Objekterkennung nachgeschaltet.

Im Folgenden wird nun die 2D-Merkalsextraktion und die Fahrzeugerkennung beschrieben. Diese Verarbeitungsschritte sind ebenfalls in der Figur 1 dargestellt.

Straßenfahrzeuge weisen in der Bildebene signifikante Merkmale, z.B. Kanten und Ecken sowie Symmetrie auf. Diese Merkmale wurden zur Suche empirisch ermittelt und durch direkten Vergleich mit einem Fahrzeugmodell die Erkennung von Straßenfahrzeugen durchgeführt. In dem hier gezeigten Verfahren wird nach statistisch verifizierten 2D-Merkmalen gesucht, die anschließend mit der internen Modellvorstellung von Fahrzeugen eines neuronalen Netzes verglichen werden. In Figur 4 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merkalsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gezeigt.

Zur Ermittlung signifikanter und statistisch verifizierter 2D-Merkmale von Straßenfahrzeugen wurde ein Datensatz von 50 Bildern, die Autos in verschiedenen Szenen zeigen, zu Grunde gelegt. Unter Verwendung der unten aufgeführten Verfahren fand eine Bestimmung von mehreren 9x9 großen typischen Mustern statt, die in den verwendeten Szenen gehäuft auftreten (weiterhin als Vergleichsmuster bezeichnet).

Die Vergleichsmuster treten an bestimmten Stellen des Fahrzeuges typisch auf. Beispielsweise können die Merkmale im unteren Bereich der Fahrzeuge vorkommen. An diesen Stellen weisen die meisten Straßenfahrzeuge ähnliche strukturellen Flächen auf. Diese sind beispielsweise der Schatten unter dem Auto und die Ecken an den Reifen sowie der Verlauf der strukturellen Flächen an den Scheinwerfern.

In den segmentierten Bildbereichen wird ein Suchfenster zur Berechnung der durch die vorgegebenen Vergleichsmuster bestimmten Merkmale definiert. Entsprechend der Entfernung des hypothetischen Objektes wird ein in der Größe angepaßtes Suchfenster definiert und mit den Vergleichsmustern korreliert. Die Orte im Suchfenster, die ein lokales Maximum der Korrelationsfunktion aufweisen, kennzeichnen signifikante Merkmale, wie Figur 5 zeigt.

Aus den Koordinaten der Extrema und der zugeordneten Vergleichsmuster erhält man die Eingangsmerkmale für das eingesetzte feedforward-Netz. Dieses wurde für das Auftreten typischer Merkmalskonstellationen, die Fahrzeuge kennzeichnen, trainiert.

Das erfindungsgemäße, echtzeitfähige Verfahren zur stereobasierten Verfolgung von Objekten in großer Entfernung wurde in realen Straßenszenen erprobt. In Figur 6 sind die gemessenen Entfernungsdaten eines sich nähерnden Fahrzeugs dargestellt. Wie in Figur 6 ersichtlich, tritt in 100 Meter Entfernung eine Messungenauigkeit von ca. ± 50 cm auf.

Um die ermittelten Entfernungsdaten rauschfrei und weitgehend frei von Meßfehlern aufgrund fehlerhaft ermittelter Korrespondenzen zu halten, bietet sich der Einsatz eines Kalmanfilters an, der durch die zeitliche Betrachtung der Meßwerte aussagekräftigere Ergebnisse liefert. Durch die Erweiterung der 2D-Merkalsextraktion um Texturmaße und Symmetrieoperatoren, sind

weitere Potentiale zur Verbesserung des vorgestellten Verfahrens gegeben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine zuverlässige Abstandsbestimmung und Erkennung von Objekten, insbesondere von Straßenfahrzeugen vor und/oder hinter einem fahrenden Fahrzeug bis in große Entfernung möglich ist.

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/E KRO
11.06.1999

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung, bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch Auswertung von Stereobildpaaren berechnet und Eigenschaften der detektierten Objekte ermittelt werden,
durch gekennzeichnet, daß eine entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung durchgeführt wird, und eine Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
durch gekennzeichnet, daß die detektierten Objekte insbesondere Straßenfahrzeuge und/oder Straßenmarkierungen und -begrenzungen sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
durch gekennzeichnet, daß die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der detektierten Objekte zueinander und zum bewegten Fahrzeug durch Auswerten der Abstandsmessung ermittelt werden, um eine fahrspurgenaue Objektzuordnung und/oder die situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
durch gekennzeichnet, daß eines der aufgenommenen Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten abgetastet wird, und

der Abstand der signifikanten Merkmale durch Vergleichen der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereobild des Stereobildpaars bestimmt wird, wobei die dabei auftretenden Disparitäten mittels Kreuzkorrelation ausgewertet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im Pixelbereich 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum Koordinatensystem der Meßeinrichtung bestimmt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flächer Objekte ermittelt werden, und erhabene Objekte und/oder flache Objekte durch Zusammenfassen (Clusterung) von 3D-Punkten nach vorbestimmten Kriterien detektiert werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleich von Objektmodellen verifiziert werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Objekterkennung die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abgetastet werden, und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart verglichen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die relevanten Objekte über die Zeit verfolgt und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten.
10. Vorrichtung zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung, umfassend eine Erfassungseinrichtung gekennzeichnet durch, eine Auswerteeinrichtung zur entfernungsbasierter Bildsegmentierung, eine Extraktionseinrichtung zur Ermittlung relevanter Bildbereiche, und eine Erkennungseinrichtung für Objekte in den segmentierten Bildbereichen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch, eine Klassifizierungseinrichtung, um Objekte in den extrahierten Bildbereichen zu ermitteln, eine Bestimmungseinrichtung für typische Merkmale von Objekten, nach welchen in den relevanten Bildbereichen gesucht wird, eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der Orte der typischen Merkmale mit der internen 2D Modellvorstellung eines neuronalen Netzes.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch, eine Trackingeinrichtung zum Verfolgen der resultierenden Objekte über die Zeit.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
gekennzeichnet durch,
eine Abstandbestimmungseinrichtung und eine Positionsbe-
stimmungseinrichtung zum Bestimmen der lateralen Position
der resultierenden Objekte relativ zum eigenen Fahrzeug.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Erfassungseinrichtung Radar- und/oder Infrarotsensoren
und/oder eine Stereo- oder Monoanordnung optischer Sensoren
oder Kameras aufweist.

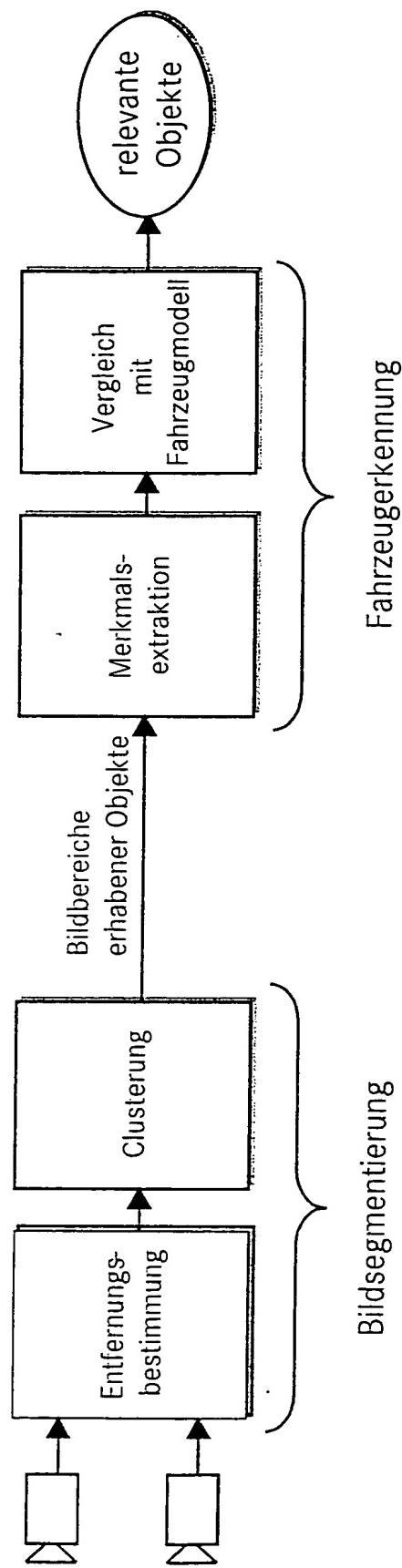


Fig. 1

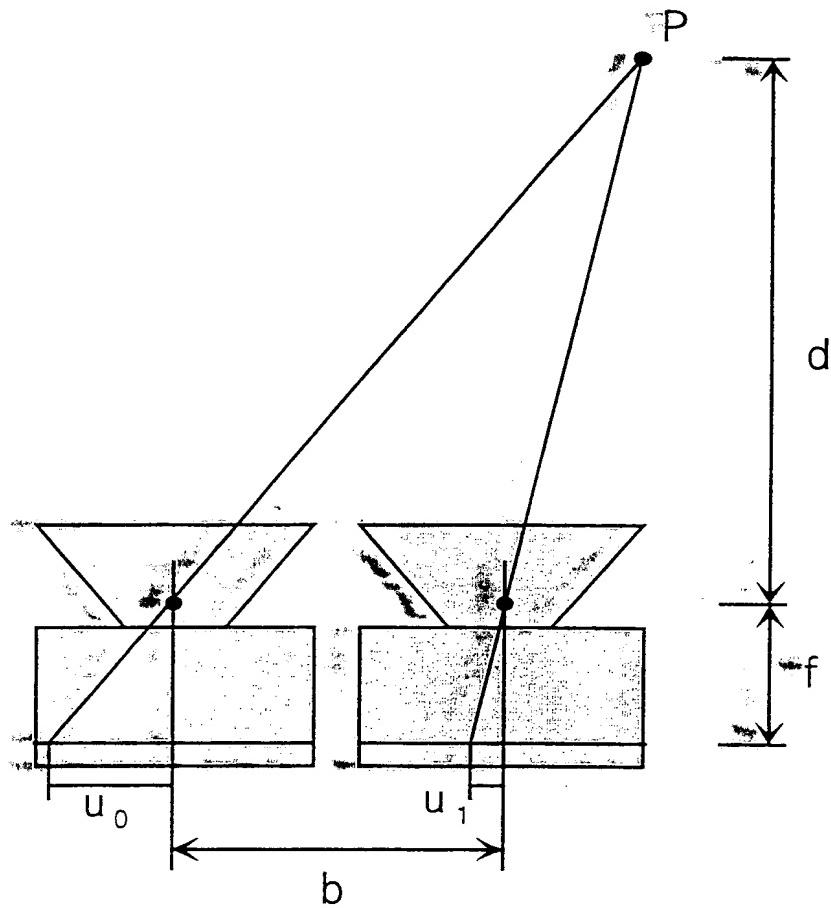


Fig. 2

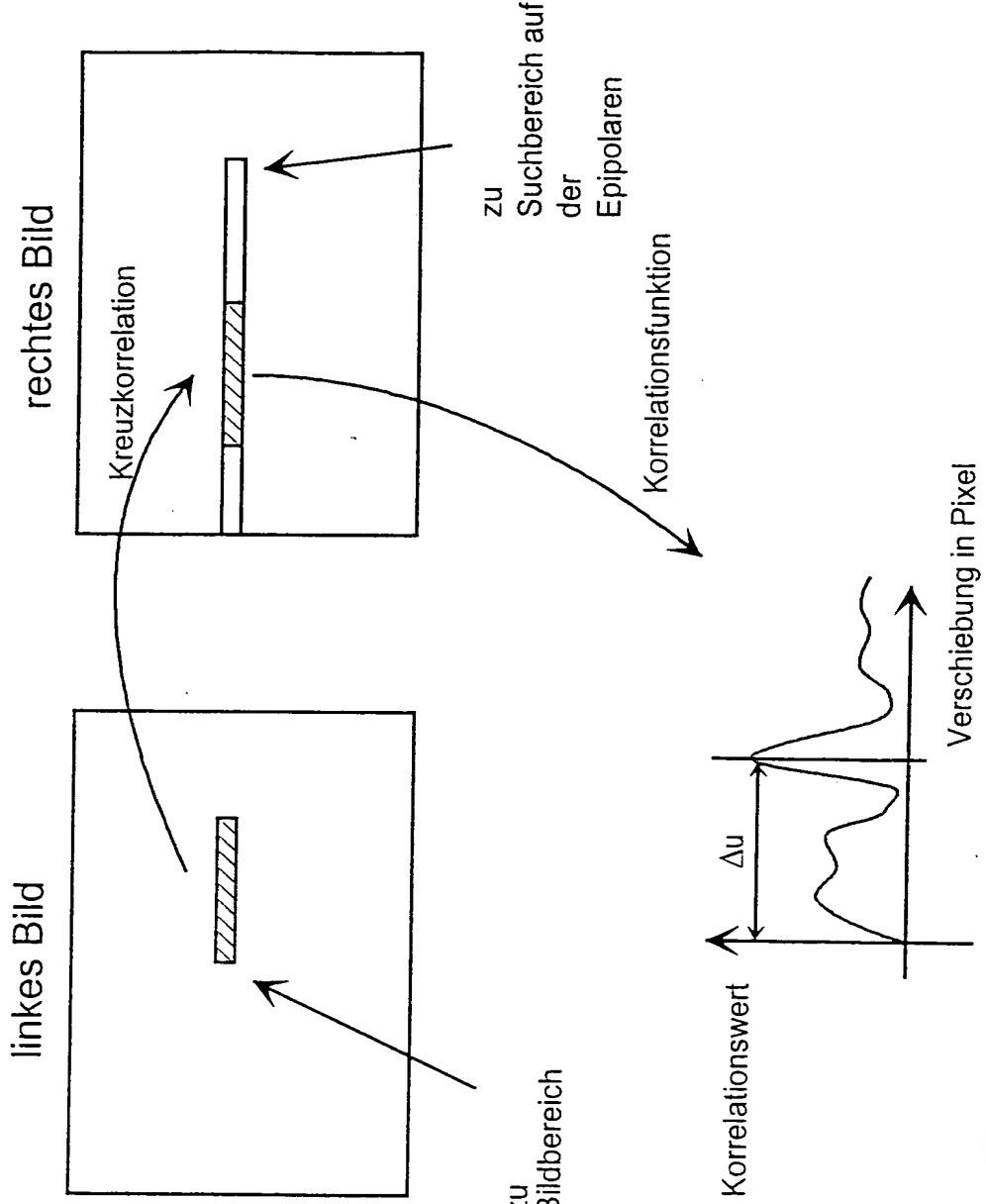


Fig. 3

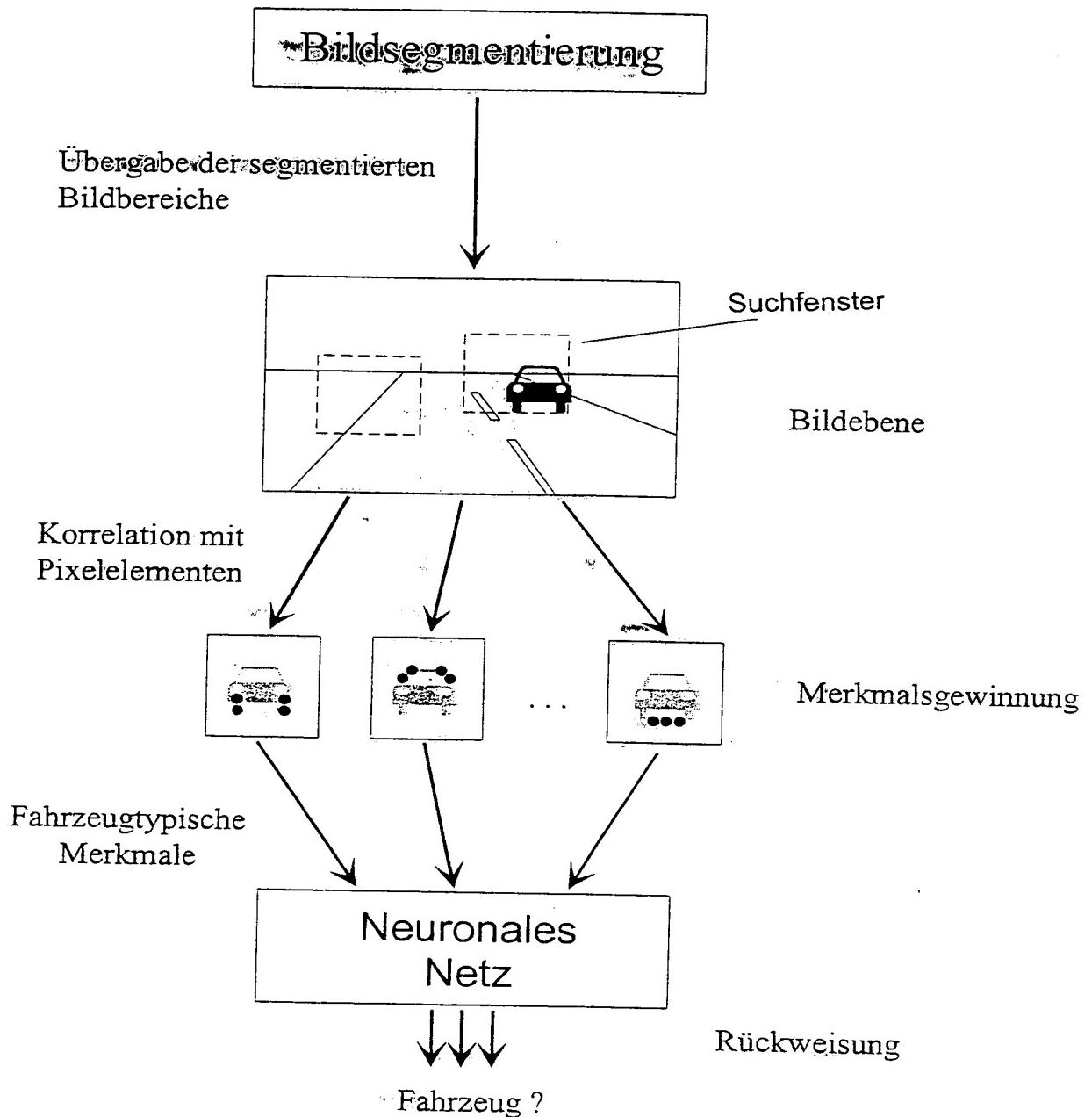


Fig. 4

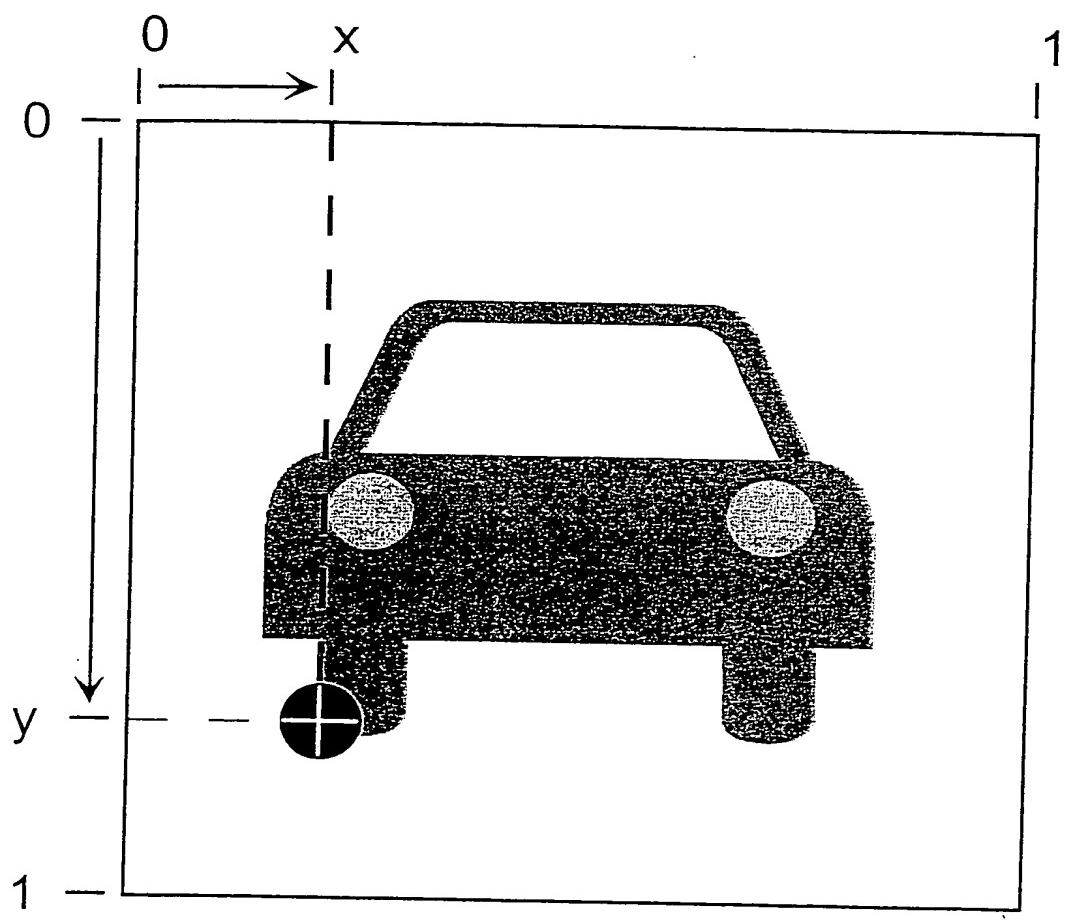


Fig 5

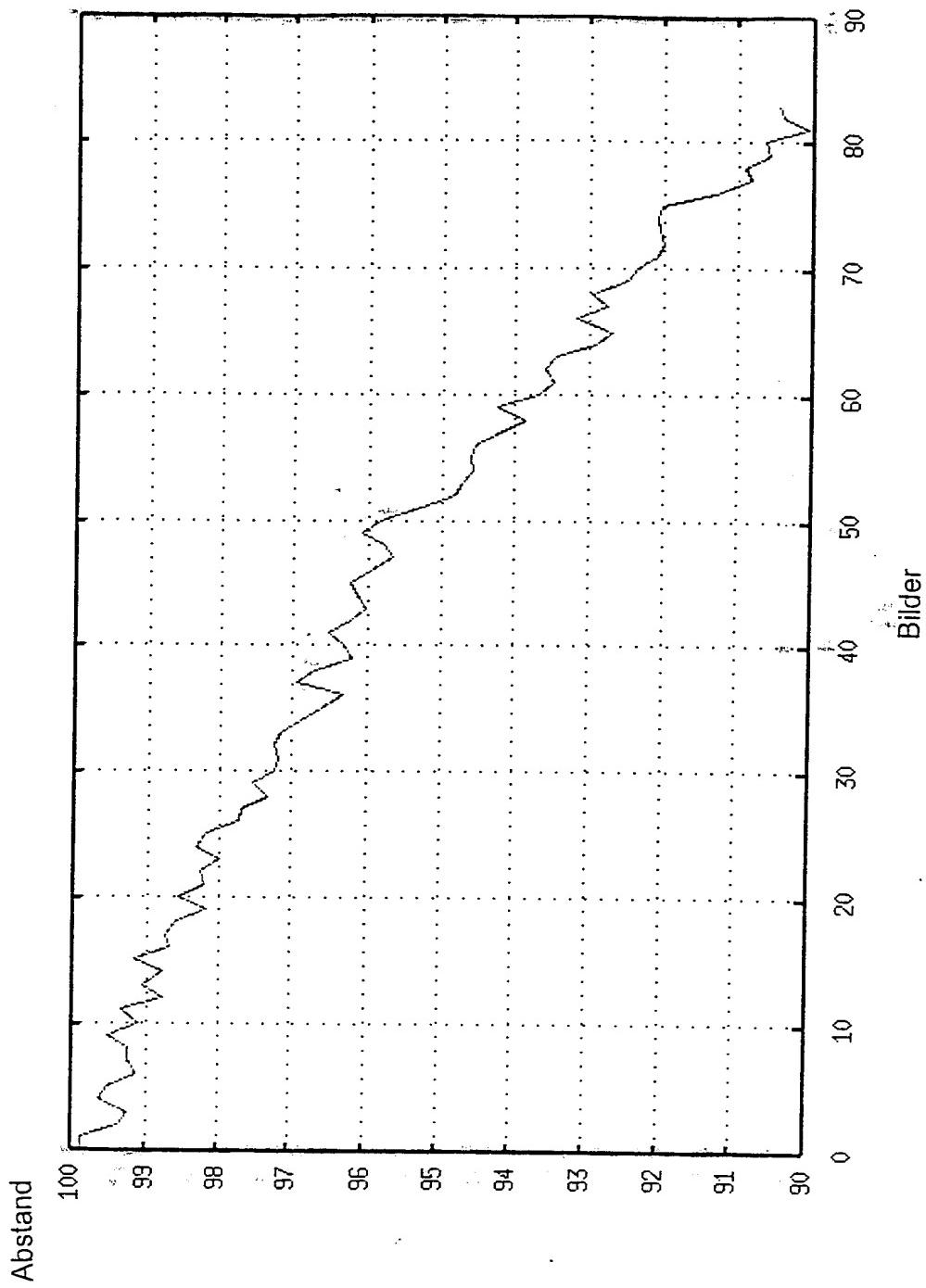


Fig. 6

DaimlerChrysler AG
Stuttgart

FTP/E KRO
11.06.1999

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung, bei welchem die Entfernung des bewegten Fahrzeugs durch Auswertung von Stereobildpaaren berechnet und Eigenschaften der detektierten Objekte ermittelt werden, wobei eine entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung und eine Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen durchgeführt wird.

Es wird weiterhin eine Vorrichtung zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung vorgeschlagen, umfassend eine Erfassungseinrichtung, eine Auswerte-einrichtung zur entfernungsisierten Bildsegmentierung, eine Extraktionseinrichtung zur Ermittlung relevanter Bildbereiche, die erhabene Objekte kennzeichnen, und eine Erkennungseinrich-tung für Objekte in den segmentierten Bildbereichen.

(Fig. 4)

